

III-455 開削工事における土留め工の計測と解析 (その2: 軟弱地盤)

帝都高速度交通営団 正員 助川 禎
正員 佐藤純一
パシフィックコンサルタンツ 正員 渡辺浩史

1. はじめに 同名報分(その1)に続いて、地下鉄7号線I期施工で実施した開削工事の諸計測と解析のうち、軟弱地盤に関するものを報告する。計測と解析を行ったのは都北区の神谷橋駅、神谷橋留置線、志茂駅、および岩淵町駅の4現場であり、いずれも地上より約20m程度の軟弱粘性土を掘削するものである。これらの現場で得られた実測値と、営団で従来より用いてきた設計手法との比較について述べることにする。

2. 施工方法と土質の概要 4現場での地盤は類にしており、地表より約20m程度までは沖積層で、表土の下に緩い砂層が堆積し、その下にはN値が0~1の軟弱な有楽町層(シルト層)が続いている。有楽町層の下はN値が40以上の埋没段丘礫層(洪積層)となっている。この埋没段丘礫層の地下水位は地表面から約12mである。掘削深さ沖積層の深さを各現場ごとに示すと、神谷橋駅(20m、21.4m)、神谷橋留置線(24m、23.3)、志茂駅(18m、20.7m)、岩淵町駅(20m、19m)であり、各現場とも掘削深さと沖積層とがほぼ等しくなっている。このように被圧した埋没段丘礫層の上部まで掘削するために、4現場とも地下水位低下工法が採用された。また軟弱な有楽町層を掘削するので、掘削現場近傍の沈下を小さくするために、掘削面側を生石灰杭工法により地盤改良を行った。土留め壁は遮水性の土留め壁を用いて、軟弱層の土留め壁からの脱水による沈下を防ぐこととし、埋設物が多い神谷橋駅と岩淵町駅は、φ450(親杭間隔0.9m)の柱列式地下連続壁とし、掘削深さが最も深く地盤も軟弱な神谷橋留置線では、t=80cmの地下連続壁とし、また掘削深さが浅い志茂駅では、t=60cmの地下連続壁とした。土留め支保工は鋼製切梁を標準としたが、仮設構造物全体の安全性を増す目的で、各現場とも地下1階の床版を逆巻きとして、切梁に替えて用いた。

3. 実測値と計算値の比較 土留め工に関する現場計測は、土留め壁の変形・応力・切梁軸力であり、地盤に関しては地下水位の変化と地表面沈下である。土留め壁の応力は、柱列式地下連続壁の場合は挿入式傾斜計を用いて親杭のひずみを、また地下連続壁の場合は鉄筋計により鉄筋のひずみを測定したが、これらから逆算される土留め壁の応力がほぼ等しいことが判明したので現場での計測管理には連続して土留め壁の応力が求められる挿入式傾斜計を用いて土留め壁の応力を求めることにした。ここで示す土留め壁の曲げモーメントも挿入式傾斜計の測定値より求めたものである。各現場での実測値(土留め壁の変形と曲げモーメント、切梁軸力)

表.1 弾塑性法の土質条件

	砂 質 土	粘 性 土
背面側の設計用側圧	$P_a = K_{as}(q + \gamma t h - P_w) + P_w$ K_{as} : ランキンの主動土圧係数	$h \leq H: P_a = K_{ac1}(q + \gamma t h)$ $h \geq H: P_a = K_{ac1}(q + \gamma t H) + K_{ac2}\gamma t(h - H)$ K_{ac1}, K_{ac2} : 表-2参照
掘削面側の抵抗側圧	$P_a = K_{ps}(\gamma t h' - P_w) + P_w$ K_{ps} : クーロンの変動土圧係数の 水平成分 ($\sigma = 2/3 \cdot \phi$)	$P_p = \gamma t h' + 2C$ (雙面排水) $P_p = \gamma t h' + 2.5C$ (單面排水)
掘削面側の静止側圧	$P_o = K_{os}(\gamma t h' - P_w) + P_w$ $K_{os} = 1 - \sin \phi$	$P_o = K_{oc}\gamma t h'$ K_{oc} : 表-2参照
根入れ部の水平地盤反力係数	$k h = 50 \cdot N(t f / m^2)$ (沖積層に対しては上記の値とし、洪積層に対しては上記の2倍)	$k h = 100 \cdot C(t f / m^2)$

q: 地表面均等圧、 γt : 土の総重量、 h : 土圧算出点の深さ(地表から)、 P_w : 同深度水

h' : 土圧算出点の深さ(親杭間から)、 C : 粘着力、 ϕ : 内部摩擦角、 N : N値

および弾塑性法による計算値・慣用法による計算値を合わせて図1~図3に示した。弾塑性法の入力条件は従来から営団で用いてきた入力条件²⁾(表.1,2参照)に基づいて求めたものであり、慣用法は地下鉄技術協議会で用いている方法によった。なお生石灰杭により改良した地盤の土質定数は、杭間の地盤の強度と杭の強度の複合強度を用いた。即ち改良前と改良後の地盤の粘着力を次式で与えたことでZは地表からの深さであり、これらの根拠となる粘性土の

強度はいづれも土質試験結果によった。

改良前 $C = 0.385Z - 0.2$ (tf/m^2)

改良後 $C = 0.385Z + 0.19$ (tf/m^2)

なお生石灰杭は1.5mピッチで正方形に配置した。弾塑性法による計算結果は、神谷橋駅を除いて実測値と比較的良好一致をみた。ただし、最下段切梁の軸力は、いずれの現場も実測値の方が計算値より小さな値となったが、これは最終掘削の放置期間が他の掘削段階に比べて短いことによると考えている。神谷橋駅の変位の計算値が測値より小さいのは、埋設物の防護ために地盤改良前での放置期間が長くなったことによりクリープが進んだことによるものと考えている。慣用計算法による計算値は、曲げモーメントと切梁軸力でありこれらと実測値とを比較すると、曲げモーメントの計算値は誤差が少なく、切梁軸力は大きいことがわかった。

4. おわりに 地下鉄建設に伴う軟弱地盤での実値と解析結果について、その概要を報告したが軟弱地盤においては、慣用計算法は不適当であるが、弾塑性法は適用できることが判明した。ここで報告した現場はいづれも計測管理により施工を行った現場であり、計測管理の有効性も確認できた。なおこの計測管理では武蔵工業大学渡辺隆教授にご指導いただいたことを報告し、謝意を表する次第である。

表. 2 粘性土の主側圧係数

粘性土のN値	K _{ac1}		K _{ac2} , K _{oc}
	測定式	最小値	
$N \geq 8$	$0.5-0.01H$	0.3	0.5
$4 \leq N < 8$	$0.5-0.01H$	0.4	0.6
$2 \leq N < 4$	$0.7-0.025H$	0.5	0.7
$N < 2$	$0.8-0.025H$	0.6	0.8

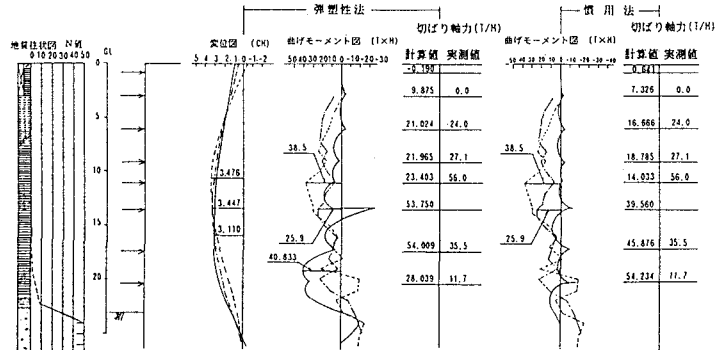


図. 1 神谷橋留置線

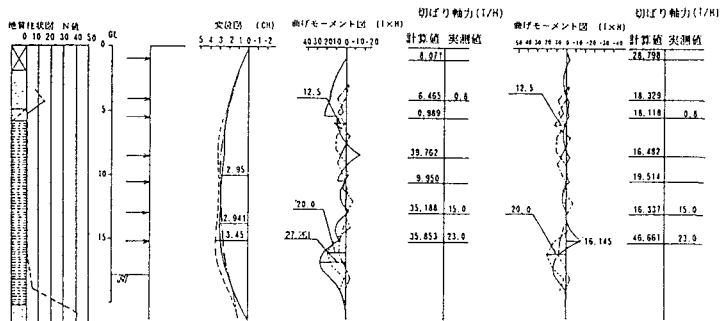


図. 2 志茂駅

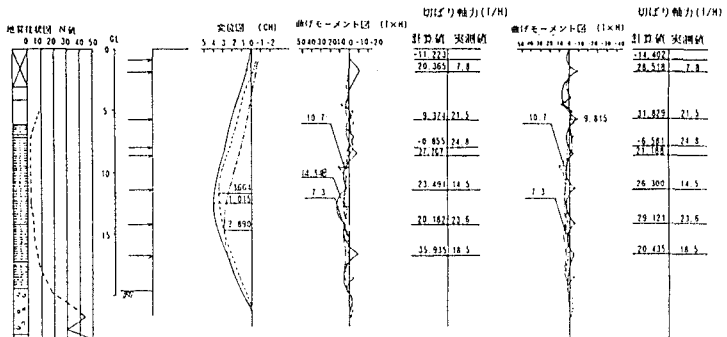


図. 3 岩淵町駅

凡例
 — 計算値
 --- 実測値 (A.L.)
 --- 実測値 (B.L.)

〔参考文献〕

- 1) 中村・中沢 : 「掘削工地上の土質試験結果とその利用」 S.47.12
- 2) 増田・入江・渡辺 : 「軟弱地盤の掘削工地上の土質試験結果とその利用」 S.47.12
- 3) 光成・伊勢本 : 「大規模掘削工地上の土質試験結果とその利用」 S.61.6.